

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): YAMAMOTO, Akio et al.

Application No.:

Group:

Filed: November 7, 2001

Examiner:

For: BALL MOTION MEASURING APPARATUS

L E T T E R

Assistant Commissioner for Patents
Box Patent Application
Washington, D.C. 20231

November 7, 2001
3673-0125P

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55(a), the applicant hereby claims the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2000-339896	11/08/00

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to deposit Account No. 02-2448 for any additional fees required under 37 C.F.R. 1.16 or under 37 C.F.R. 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By: 

ANDREW D. MEIKLE

Reg. No. 32,868

P. O. Box 747

Falls Church, Virginia 22040-0747

Attachment
(703) 205-8000
/cqc

#2
Jc872 U.S. PTO
09/986114
11/07/01

BSUB 703-205-8000
YAMAMOTO et al.
3673-0125P

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

November 7, 2001
1861



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年11月 8日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-339896

出 願 人
Applicant(s):

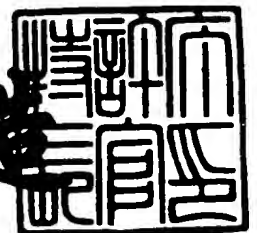
住友ゴム工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P-0185

【提出日】 平成12年11月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明の名称】 ボール運動計測装置

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム工業株式会社内

 【氏名】 山本 晃生

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム工業株式会社内

 【氏名】 川松 英明

【特許出願人】

 【識別番号】 000183233

 【氏名又は名称】 住友ゴム工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100107940

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岡 憲吾

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 091444

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 0 - 3 3 9 8 9 6

【包括委任状番号】 0001533

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ボール運動計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この原画像のうちボール像を含む一部分を拡大処理して拡大画像データを算出する演算部と、

この拡大画像データに基づいて拡大画像を表示する表示部と、
を備えているボール運動計測装置。

【請求項 2】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この CCD カメラのレンズに起因する原画像の歪みによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置。

【請求項 3】 上記座標誤差の補正が、原画像の中心からの距離に応じて決定される補正率に基づいてなされる請求項 2 に記載のボール運動計測装置。

【請求項 4】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この CCD カメラの光軸方向とボール像方向とのずれによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置。

【請求項 5】 上記座標誤差の補正が、原画像から得られたデータをボール正面無限遠から撮影された場合のデータに変換するものである請求項 4 に記載のボール運動計測装置。

【請求項 6】 上記 CCD カメラの水平画角が 10° 以上である請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のボール運動計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばゴルフボール、テニスボール等のボールの運動計測装置に関する。詳細には、本発明は、CCDカメラによって得られた画像データの利用によってボールの運動を計測する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

ゴルフボールがゴルフクラブで打撃されると、いわゆるバックスピンを伴って飛行する。このバックスピンは、水平であって打撃方向と直交する方向（以下、「z方向」と称される）を軸とする回転である。バックスピンによってゴルフボールに揚力が働き、この揚力がゴルフボールの飛距離を増大させる。またゴルフボールは、いわゆるサイドスピンを伴って飛行することもある。このサイドスピンは、鉛直方向（以下、「y方向」と称される）を軸とする回転である。このサイドスピンにより、ゴルフボールが左に曲がったり（右利きゴルファーにとってのドローボール）、右に曲がったり（右利きゴルファーにとってのフェードボール）する。さらにゴルフボールは、水平であって打撃方向と同一方向（以下、「x方向」と称される）を軸とする回転を伴って飛行することもある。

【0003】

スピンの方向と回転速度とは、その後のゴルフボールの弾道に大きく影響を及ぼす。同様に、ゴルフボールの飛行方向及び飛行速度も、その後の弾道に大きく影響を及ぼす。スピン、飛行方向及び飛行速度の計測は、ゴルファーのスイングフォームの診断に有効である。また、ゴルフボールやゴルフクラブの評価においてもこれらの計測は有効であり、ゴルフボール及びゴルフクラブの開発段階ではこれらの計測が不可避となっている。

【0004】

特開平3-210282号公報には、飛行中の球体をカメラで2回撮影し、得られた2枚の画像から球体の飛行速度を計測する装置が開示されている。この装置では、2枚の画像から球体の移動距離が求められ、この移動距離が撮影間隔時間で除されることによって、飛行速度が算出される。

【0005】

特許第2810320号公報には、飛行中のゴルフボールを所定時間を隔てて

2回撮影し、得られた2枚の画像からスピン速度を算出する計測方法が開示されている。この計測方法では、ゴルフボール表面に印された認識マークが第一画像及び第二画像から読みとられ、これに基づいて第一画像から第二画像に至るまでの回転角度が求められる。この回転角度と撮影間隔時間とによって、スピン速度が算出される。

【0006】

特開平10-186474号公報には、飛行中の球体を2台のカメラでタイミングをずらして撮影し、得られた2枚の画像からスピン速度、飛行速度及び飛行方向を算出する計測方法が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

飛行中のゴルフボールをカメラで撮影する場合は、例えば打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置を予測し、この位置が視野範囲に含まれるようにカメラの位置を決定する必要がある。ゴルフクラブのヘッド速度はゴルファーによって大きく異なる。また、ドライバー(W1)からウエッジまで種々のゴルフクラブが存在し、このゴルフクラブの種類によってヘッド速度及び打ち出し角度が大きく異なる。従って、打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置は、ゴルファーごとに又は使用クラブごとに、大幅に変動する。よって、打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置を予測することは、容易ではない。この予測ができた場合でも、頻繁にカメラ位置を変更する作業は繁雑である。

【0008】

広角レンズを備えたカメラ（すなわち画角が大きなカメラ）を用いれば視野範囲が広がるので、打撃するゴルファーが交代したり、使用クラブが変更された場合でも、頻繁にカメラ位置を変更する必要がなくなる。

【0009】

しかしながら、画角の大きなカメラで得られた画像ではボール像が小さくなってしまう。従って、例えばオペレーターがボール像の所定ポイントを入力ペン等でポインティングしてスピン速度等を計測する場合に、ポインティング精度が低下してしまうという問題がある。また画角の大きなカメラで得られた画像は周辺

部分（画像中心からの距離が大きな部分）の歪みが激しいので、真の座標と画像上の見かけ座標とが大幅にずれて計測値の精度が不十分となることがある。さらに、画角の大きなカメラでの撮影では画像の中心にボールが位置しないことが多い。このため正面からボールを撮影することができず斜め方向から撮影することとなり、やはり真の座標と画像上の見かけ座標とが大幅にずれて計測値の精度が不十分となることがある。

【 0 0 1 0 】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、精度よくボールの運動を計測することができる装置の提供を目的とするものである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するためになされた発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのCCDカメラと、
この原画像のうちボール像を含む一部分を拡大処理して拡大画像データを算出する演算部と、
この拡大画像データに基づいて拡大画像を表示する表示部と、
を備えているボール運動計測装置、
である。

【 0 0 1 2 】

このボール運動計測装置では、原画像のうちボール像を含む部分のみが表示部に拡大表示される。従って、オペレーターがボール像の所定ポイントをポインティングする場合におけるポインティング精度が高い。よって、精度のよい計測値（スピン速度、飛行速度、飛行方向等の計測値）が得られる。以下、この処理は「拡大処理」とも称される。

【 0 0 1 3 】

また、上記の目的を達成するためになされた他の発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのCCDカメラと、
このCCDカメラのレンズに起因する原画像の歪みによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、

を備えたボール運動計測装置、
である。

【 0 0 1 4 】

このボール運動計測装置では、真の座標と原画像上の見かけ座標とのずれが補正される。すなわち、レンズに起因する原画像周辺部分の歪みが修正された補正データが得られる。従って、ボール運動が精度よく計測される。以下、この補正は「歪み補正」とも称される。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、座標誤差の補正は、原画像の中心からの距離に応じて決定される補正率に基づいてなされる。これにより、さらに計測精度が向上する。

【 0 0 1 6 】

また、上記の目的を達成するためになされたさらに他の発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのCCDカメラと、
このCCDカメラの光軸方向とボール像方向とのずれによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置、
である。

【 0 0 1 7 】

このボール運動計測装置でも、真の座標と原画像上の見かけ座標とのずれが補正される。従って、ボール運動が精度よく計測される。具体的には、原画像から得られたデータが、ボール正面無限遠から撮影された場合のデータに変換される。以下、この補正は「斜視補正」とも称される。

【 0 0 1 8 】

これらの処理又は補正は、広角レンズの使用等によって水平面角が 10° 以上とされたカメラが用いられた計測において、特に効果的である。もちろん、標準的なレンズや望遠レンズが用いられる場合でも、精度向上の効果は得られる。「水平面角が 10° 」とは、水平方向の撮影範囲が正面方向に対して $\pm 5^{\circ}$ の範囲であることを意味する。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、適宜図面が参照されつつ、実施形態に基づいて本発明が詳細に説明される。

【0020】

図1は、本発明の一実施形態にかかるボール運動計測装置が示された平面図である。また、図2は、その正面図である。このボール運動計測装置は、ゴルフボールの運動（スピン速度、飛行速度、打ち出し角度等）を計測するための装置である。このボール運動計測装置は、ゴルフボール1を載置するためのティ3と、第一カメラ5と、第二カメラ7と、一对の第一ストロボ9と、一对の第二ストロボ11と、一对の光学センサ13と、演算部であるCPU15と、表示部であるモニタ17とを備えている。第一カメラ5及び第二カメラ7は、シャッター機能を備えたCCDカメラである。このCCDカメラは広角レンズを備えており、撮影範囲が広いカメラ（水平画角は10°以上）である。通常は、水平画角が150°以下のカメラが用いられる。第一カメラ5及び第二カメラ7のシャッターの開閉は、後述されるトリガー信号を受け取った制御部（図示されず）が行う。

【0021】

このボール運動計測装置でゴルフボール1の運動が計測されるときは、まずティ3にゴルフボール1が載置され、ゴルファー19がゴルフクラブ21をスイングする。すると、ヘッド23が光学センサ13の直上を通過する。2個の光学センサ13、13のそれぞれの通過時間のずれから、ヘッドスピードが算出される。ヘッド23の通過により、光学センサ13からはトリガー信号が発せられる。

【0022】

その後、ヘッド23がゴルフボール1と衝突する。ゴルフボール1は、図2における右斜め上方向に打ち出される。光学センサ13がトリガー信号を発してから所定時間経過後に、第一カメラ5のシャッターが開く。また、これと同期して第一ストロボ9が発光する。これにより、第一カメラ5に原画像が撮影される。第一カメラ5による撮影からさらに所定時間経過後に、第二カメラ7のシャッターが開く。また、これと同期して第二ストロボ11が発光する。これにより、第

二カメラ 7 にも原画像が撮影される。いずれの原画像も、静止画像である。それぞれの原画像データは CPU 1 5 に送られる、ここで後に詳説される処理が施される。

【 0 0 2 3 】

第一カメラ 5 及び第二カメラ 7 の位置は、飛行するゴルフボール 1 が撮影されるように決定される。通常は、平均的なヘッドスピードのゴルファー 1 9 が標準的なゴルフクラブ 2 1 をスイングしたときに、原画像のほぼ中央にゴルフボール 1 が撮影されるように、カメラ 5、7 の位置が決定される。こうすれば、カメラ 5、7 の画角が大きいことと相まって、ゴルファー 1 9 が交代した場合やゴルフクラブ 2 1 が変更されたときでも、ほぼすべての原画像にゴルフボール 1 を撮影することができる。打撃音を検知する音声センサが設けられ、この音声センサがトリガー信号を発するようにボール運動計測装置が構成されてもよい。

【 0 0 2 4 】

図 3 (a) には、第一カメラ 5 で撮影された原画像が示されている。第一カメラ 5 の画角が大きいので、この原画像においてボール像 2 5 は小さく撮影されている。図 3 (b) は、原画像データに拡大処理がなされて得られた拡大画像が示されている。この拡大処理は、図 3 (a) の原画像のうち二点鎖線で囲まれた長方形の部分（原画像のうちボール像 2 5 を含む一部分）を拡大するものである。モニタ 1 7 には、この拡大画像が表示される。

【 0 0 2 5 】

図 3 (b) に示されるように、ゴルフボール 1 の表面には黒く塗りつぶされた認識マーク 2 7 が設けられている。オペレーターは、モニタ 1 7 の画面上でこの認識マーク 2 7 をポインティングする。ポインティングには、入力ペン等が用いられる。ポインティングにより、読み取り値が読み取られる。ボール像 2 5 は拡大表示されているため、ポインティング時の読み取り値誤差が生じにくい。第二カメラ 7 によって撮影された原画像も同様に拡大処理がなされ、拡大画像がモニタ 1 7 に表示される。そして、認識マーク 2 7 がポインティングされる。

【 0 0 2 6 】

2 つの拡大画像の読み取り値から、第一カメラ 5 での撮影から第二カメラ 7 で

の撮影に至るまでのゴルフボール1の回転角度が求められる。この回転角度と、第一カメラ5での撮影時から第二カメラ7での撮影時までの間隔時間とから、ゴルフボール1のスピンの速度が算出される。ポインティングの精度が高いので、得られるスピンの速度のデータも高精度である。ポインティングによって打ち出し角度、飛行速度等が計測されてもよい。この場合でも、拡大処理によってデータが高精度となる。

【0027】

レンズを介して撮影された原画像には、歪みが生じる。特に、画角が大きなカメラが用いられた場合は、歪みが大きい。図4は、マス目模様（方眼紙の模様）を備えたサンプルプレートが第一カメラ5で撮影されたサンプル画像29である。この図からも明らかなように、サンプル画像29の中心近傍のマス目31は正方形に近い輪郭形状であるが、周辺部のマス目33は歪んでいる。サンプル画像29の中心からの距離が大きいほど、歪みの程度も大きい。このことから明らかなように、ゴルフボール1が第一カメラ5で撮影された場合は、原画像データにおける見かけ座標に、真の座標との誤差が生じている。

【0028】

サンプルプレートにおける座標（真の座標）は、あらかじめ把握されている。サンプル画像29（図4に示された画像）から所定ポイントを抽出し、この所定ポイントをポインティングすることで、見かけ座標と真の座標との誤差幅が得られる。この誤差幅に基づいて、補正率が算出される。補正率は一律ではなく、画像中心からの距離に応じて変動する。すなわち、周辺寄りの部分ほど補正率が大きい。

【0029】

この補正率に基づいて、原画像データから得られた読み取り値に歪み補正処理が施され、補正データが得られる。同様に、第二カメラ7の原画像データから得られた読み取り値にも歪み補正処理が施され、補正データが得られる。2つの補正データから、ゴルフボール1の運動が精度よく計測されうる。

【0030】

図5は、第一カメラ5による撮影の様子が示された平面図である。この図にお

いて直線 f は第一カメラ 5 の光軸方向を表しており、直線 s は基準面を表している。この基準面は、 $x-y$ 方向に延びる平面である。直線 f と直線 s とは、基準点 O で直交している。また、点 P はレンズの焦点を表しており、点 Q はゴルフボール 1 の表面に設けられた認識マーク 27 の位置を表しており、点 R は点 Q が基準面に投影された点を表している。ゴルフボール 1 はほぼ x 方向（図 5 における右方向）であって、かつやや上向きに飛行する。図 5 に示された状態で撮影された原画像では、第一カメラ 5 からみたボール像方向は、光軸方向からずれている。ボール像は、原画像の右寄りに位置する。

【0031】

点 T_0 は、ゴルフボール 1 の中心である。基準点 O を原点としたときの中心 T_0 の真の x 座標は、 a である。原画像データでは、ゴルフボール 1 の一端が点 T_1 と把握され、他端が点 T_2 と把握される。従って、点 T_1 と点 T_2 との midpoint T_3 がゴルフボール 1 の見かけ中心と把握され、基準点 O を原点としたときのゴルフボール 1 の見かけ中心の x 座標が a' と把握される。すなわち、原画像データにおける見かけ座標では、真の座標（ゴルフボール 1 が正面無限遠から撮影されたと仮定したときの座標）との間に誤差が生じている。線分 PO の距離が L とされ、ゴルフボール 1 の半径が r とされると、真の x 座標 a は、下記数式によって算出されうる。

$$a = a' \times (L^2 - r^2) / L^2$$

【0032】

ゴルフボール 1 は斜め上に向けて打ち出されるので、ゴルフボール 1 の中心の y 座標もゼロではない。第一カメラ 5 で撮影された原画像データにおける見かけの y 座標を b' とし、真の y 座標を b とすると、真の y 座標 b は下記数式によって算出されうる。

$$b = b' \times (L^2 - r^2) / L^2$$

【0033】

このように、原画像データから得られた読み取り値（ a' 及び b' ）が、ボール正面から撮影された場合の補正データ（ a 及び b ）に変換され、ゴルフボール 1 の中心の真の座標（ $a, b, 0$ ）が決定される。

【0034】

第二カメラ7の原画像データから得られた読み取り値にも、同様な斜視補正が施される。そして、第一カメラ5の補正データと第二カメラ7の補正データとから、ゴルフボール1の飛行速度、打ち出し角度等が精度よく計測される。なお、ゴルファー19のスイング軌道が真っ直ぐでない場合やミスショットの場合は、ゴルフボール1の中心が基準面からずれることがある。すなわち、ゴルフボール1の中心の z 座標がゼロでない場合もある。この場合は、 z 方向のずれも考慮されて、補正がなされるのが好ましい。 z 方向のずれ幅は、例えば原画像におけるボール像の大きさから算出されうる。

【0035】

点Rの座標を $(u', v', 0)$ とし、ゴルフボール1の中心T0が光軸 f にあると仮定した場合の点Qの位置を点 Q_0 とする。また、ゴルフボール1の中心を原点としたときの点 Q_0 の座標を、 (x_0, y_0, z_0) とする。また、線分PQの長さを、線分PRの長さの k 倍とする。点 Q_0 は球面上の点なので、下記数式(I)で示される関係が成り立つ。

$$x_0^2 + y_0^2 + z_0^2 = r^2 \quad \text{--- (I)}$$

また、点Qの座標は $(x_0 + a, y_0 + b, z_0)$ であるから、下記数式(II) ~ (IV)も成り立つ。

$$x_0 + a = k \times u' \quad \text{--- (II)}$$

$$y_0 + b = k \times v' \quad \text{--- (III)}$$

$$z_0 - L = - (k \times L) \quad \text{--- (IV)}$$

【0036】

u' 及び v' の値は原画像データから読み取られるので、数式(I) ~ (IV)によって k の値が算出される。なお、 k に関する二次方程式が解かれて求められた解は2つ存在する。このうちの一方は基準面 s よりも手前(CCDカメラ5寄り)の点に相当し、他方は基準面 s よりも奥の点に相当する。撮影される点は基準面 s よりも手前なので、2つの解のうちの手前の点に相当するものが採用され、 k の値とされる。この k の値と、上記数式(II)から(IV)までとから、 x_0 、 y_0 及び z_0 の値が決定される。同様に、第二カメラ7で得られた原画像デー

タからも、 x_0 、 y_0 及び z_0 の値が決定される。そして、これらの補正データに基づいて、ベクトル計算によってスピン速度が算出されうる。ベクトル計算の一例としては、特許第 2 8 1 0 3 2 0 号公報に開示された手法が挙げられる。斜視補正がなされた後の補正データからスピン速度が得られるので、その精度は高い。

【0037】

このボール運動計測装置は、ボール像がモニタ 17 に表示され、この表示画面をオペレーターがポインティングすることによって読み取り値が読み取られるように構成されているが、画像処理等によって自動で読み取りがなされてもよい。自動読み取りの場合は、モニタ 17 が省略されてもよい。

【0038】

このボール運動計測装置では 2 台のカメラで 2 個の原画像が撮影されるが、カメラが 3 台以上設けられてもよい。また、1 台のカメラで撮影された原画像に 2 以上のボール像が撮影されるように、ボール運動計測装置が構成されてもよい。

【0039】

このボール運動計測装置では、拡大補正、歪み補正及び斜視補正がなされうるが、これら 3 つの補正のうちの任意の 1 つ又は 2 つがなされるように、ボール運動計測装置が構成されてもよい。

【0040】

〔実験 1〕

〔実験例 A〕

第一カメラ及び第二カメラとして、広角レンズを備えた CCD カメラを用意した。このカメラは、焦点 P と基準面との距離が 300 mm であるときの水平方向視野幅が 250 mm（水平画角が 45.24° ）のものである。原画像のほぼ中央にボール像が撮影されるように両カメラの位置を調整し、ティに載置されたゴルフボールを打撃した。そして、飛行中のゴルフボールを 2 台のカメラでタイミングをずらして撮影して 2 枚の原画像を得た。この原画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより、ゴルフボールの飛行速度、打ち出し角度、バックスピン速度及びサイドスピン速度を算出した。ポインテ

イングと算出とを 1 0 回繰り返し、ばらつき ($4 \times \sigma$) を求めた。

【0 0 4 1】

〔実験例 B〕

上記実験例 A で得られた原画像データに拡大率が 2 倍の拡大処理を施して拡大画像を得た。この拡大画像に基づいて実験例 A と同様のポインティングと算出とを 1 0 回繰り返し、ばらつき ($4 \times \sigma$) を求めた。

【0 0 4 2】

【表 1】

表 1 実験 1 の結果

		実験例 A	実験例 B
レンズ種類		広角	広角
拡大補正率		なし	$\times 2$
歪み補正		なし	なし
斜視補正		なし	なし
原画像における	第一カメラ	中央	中央
ボール像位置	第二カメラ	中央	中央
バ ラ ツ キ	飛行速度 (m/s)	0. 1 8	0. 1 1
	打ち出し角度 (deg.)	0. 3 1	0. 1 5
	バックスピン速度 (rpm)	1 8 0	8 8
	サイドスピン速度 (rpm)	1 6 8	8 4

【0 0 4 3】

表 1 において、実験例 B の方が実験例 A よりも計測値のばらつきが少ない。このことから、拡大処理によって計測の精度が向上することが解る。

【0 0 4 4】

〔実験 2〕

〔実験例 C〕

実験例 A と同様の第一カメラ及び第二カメラを用意した。原画像の左下寄りにボール像が撮影されるように第一カメラの位置を調整し、原画像の右上寄りにボール像が撮影されるように第二カメラの位置を調整した。そして、飛行中のゴルフボールを 2 個のカメラでタイミングをずらして撮影し、得られた原画像を 2 倍に拡大処理して 2 枚の拡大画像を得た。この拡大画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより読み取り値を得た。この読み取り値から、ゴルフボールの飛行速度及び打ち出し角度を算出した。ポインティングと算出とを 10 回繰り返し、平均値を求めた。

【 0 0 4 5 】

〔実験例 D〕

上記実験例 C のポインティングで得られた読み取り値に斜視補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【 0 0 4 6 】

〔実験例 E〕

上記実験例 C のポインティングで得られた読み取り値に歪み補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【 0 0 4 7 】

〔実験例 F〕

上記実験例 C のポインティングで得られた読み取り値に斜視補正及び歪み補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【 0 0 4 8 】

〔参照例〕

第一カメラのボール像位置とほぼ同位置に、上下にレーザビームが通過する第一センサを設置した。また、第二カメラのボール像位置とほぼ同位置に、上下にレーザビームが通過する第二センサを設置した。そして、ゴルフボールが第一セ

ンサを通過してから第二センサを通過するまでの時間を計測し、飛行速度を求めた。この飛行速度は、真値に近いものである。また、第二カメラのボール像よりも飛行方向前方に、左右にレーザビームが通過するラインセンサを設置した。そして、このラインセンサを通過する際のゴルフボールの高さとティに載置されたゴルフボールの高さとから、打ち出し角度を求めた。この打ち出し角度は、真値に近いものである。

【 0 0 4 9 】

【表 2】

表 2 実験 2 の結果

		実験例 C	実験例 D	実験例 E	実験例 F	参照例 (真値)
レンズ種類		広角	広角	広角	広角	レーザ センサ による 測定
拡大補正率		× 2	× 2	× 2	× 2	
歪み補正		なし	なし	あり	あり	
斜視補正		なし	あり	なし	あり	
原画像における	第一カメラ	左下	左下	左下	左下	
ボール像位置	第二カメラ	右上	右上	右上	右上	
飛行速度 (m/s)		56.5	56.3	58.0	57.8	57.8
打ち出し角度 (deg.)		11.2	11.2	12.1	12.1	12.1

【 0 0 5 0 】

表 2 より、歪み補正によって計測値が真値に近づくことが解る。

【 0 0 5 1 】

【実験 3】

【実験例 G】

XY テーブルを用意し、これを基準面 s に設置した。そして、2 個のゴルフボールを XY テーブルに固定した。2 個のゴルフボールの位置関係（バックスピン

を含む関係)は、打撃されたゴルフボールの弾道からタイミングをずらして2回の撮影が行われた場合の2個のボール像の位置関係とほぼ同等となるようにした。一方、実験例Aと同様の第一カメラ及び第二カメラを用意した。原画像の中央に一方のゴルフボールが撮影されるように第一カメラの位置を調整し、原画像の左寄りに他方のゴルフボールが撮影されるように第二カメラの位置を調整した。そして、それぞれのカメラで得られた2枚の原画像に、拡大処理(2倍)を施して、2枚の拡大画像を得た。この拡大画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより読み取り値を得た。この読み取り値に歪み補正を施して、補正データを得た。この補正データから、バックスピン及びサイドスピンの速度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、平均値を求めた。

【0052】

[実験例H]

歪み補正と共に斜視補正を施して補正データを得た他は実験例Gと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0053】

[実験例I]

XYテーブル上で他方のゴルフボールを回転させることなく移動させ、この原画像の右寄りにこのゴルフボールが撮影されるようにした他は実験例Gと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0054】

[実験例J]

歪み補正と共に斜視補正を施して補正データを得た他は実験例Iと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0055】

[実験例K]

第一カメラ及び第二カメラとして、望遠レンズを備えたCCDカメラを用意した。このレンズは、焦点Pと基準面との距離が2300mmであるときの視野幅が60mmのものである。XYテーブル上のゴルフボールを回転させることなく

移動させて、ボール像が原画像のほぼ中央に撮影されるように位置を調整した。そして、それぞれのカメラで得られた2枚の原画像に補正を施すことなくモニタに表示した。表示されたボール像は、十分に大きいものであった。オペレーターによる認識マークのポインティングにより、バックスピン及びサイドスピンの速度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、平均値を求めた。得られたバックスピン及びサイドスピンの速度は、真値に近いものである。

【0056】

【表3】

表3 実験3の結果

		実験例 G	実験例 H	実験例 I	実験例 J	実験例 K
レンズ種類		広角	広角	広角	広角	望遠
拡大補正率		×2	×2	×2	×2	なし
歪み補正		あり	あり	あり	あり	なし
斜視補正		なし	あり	なし	あり	なし
原画像における ボール像位置	第一カメラ	中央	中央	中央	中央	中央
	第二カメラ	左	左	右	右	中央
バックスピン速度(rpm)		2183	2410	3243	2399	2420
サイドスピン速度(rpm)		781	103	-2323	126	140

【0057】

表3より、広角レンズが用いられた場合でも、斜視補正によって計測値が真値に近づくことが解る。

【0058】

以上ゴルフボールが一例とされて本発明のボール運動計測装置が説明されたが、本発明は例えばテニスボール等の全てのボールの計測に用いられうる。

【 0 0 5 9 】

【発明の効果】

以上説明されたように、本発明のボール運動計測装置が用いられれば、ボールの運動が精度よく計測されうる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、本発明の一実施形態にかかるボール運動計測装置が示された平面図である。

【図 2】

図 2 は、図 1 のボール運動計測装置が示された正面図である。

【図 3】

図 3 (a) は原画像が示された正面図であり、図 3 (b) は補正画像が示された正面図である。

【図 4】

図 4 は、マス目模様を備えたサンプルプレートが撮影されたサンプル画像である。

【図 5】

図 5 は、第一カメラによる撮影の様子が示された平面図である。

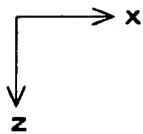
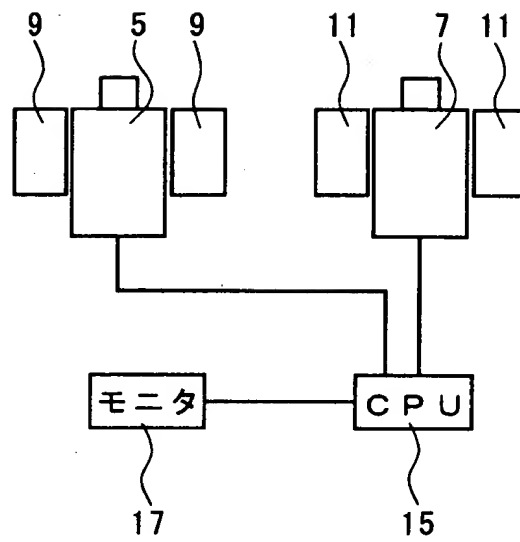
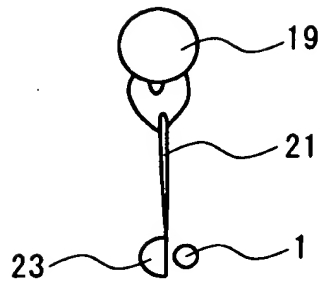
【符号の説明】

- 1 . . . ゴルフボール
- 5 . . . 第一カメラ
- 7 . . . 第二カメラ
- 9 . . . 第一ストロボ
- 1 1 . . . 第二ストロボ
- 1 3 . . . 光学センサ
- 1 5 . . . C P U
- 1 7 . . . モニタ
- 2 5 . . . ボール像
- 2 7 . . . 認識マーク

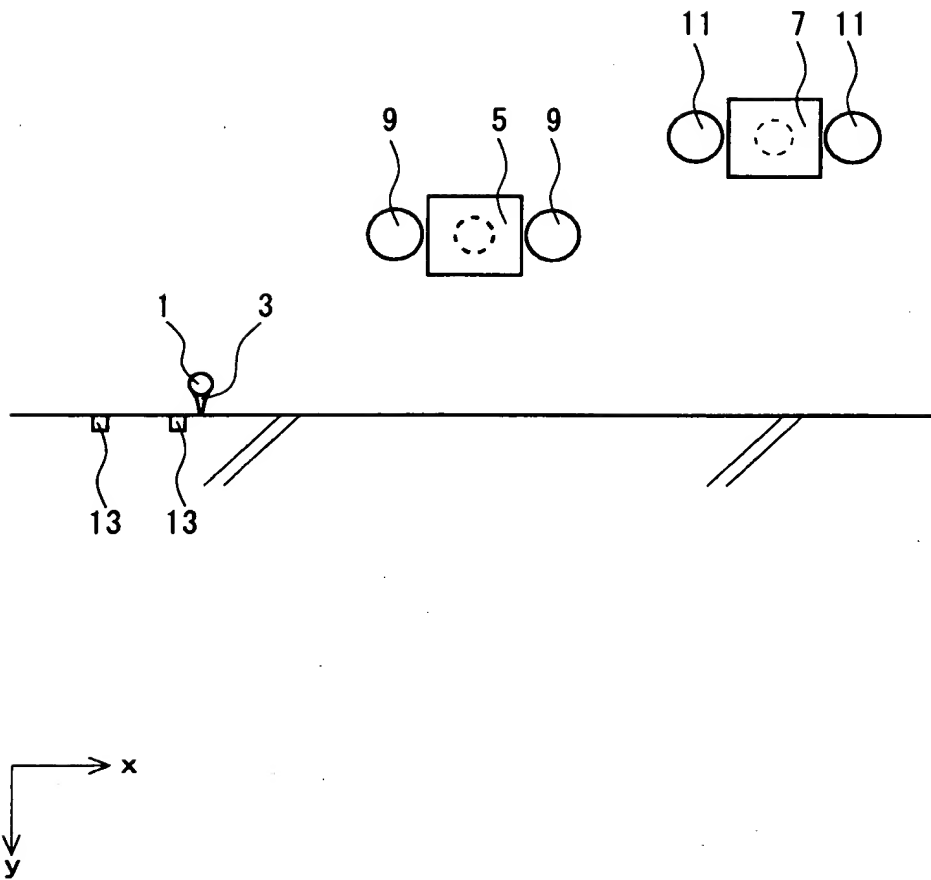
特 2 0 0 0 - 3 3 9 8 9 6

【書類名】 図面

【図 1】

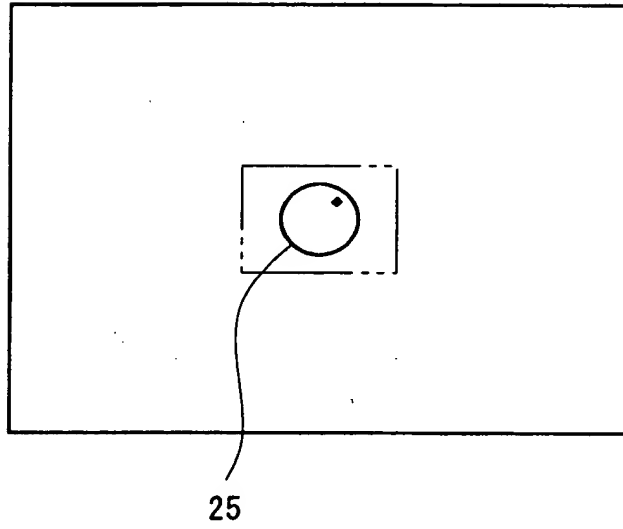


【図 2】

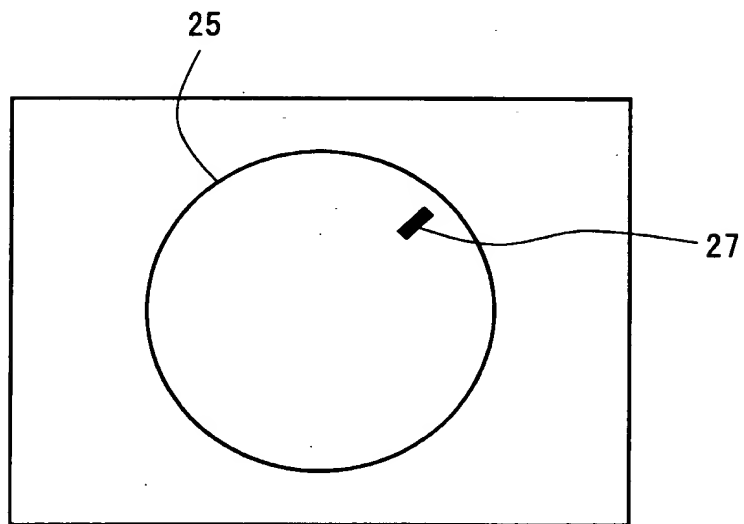


【図 3】

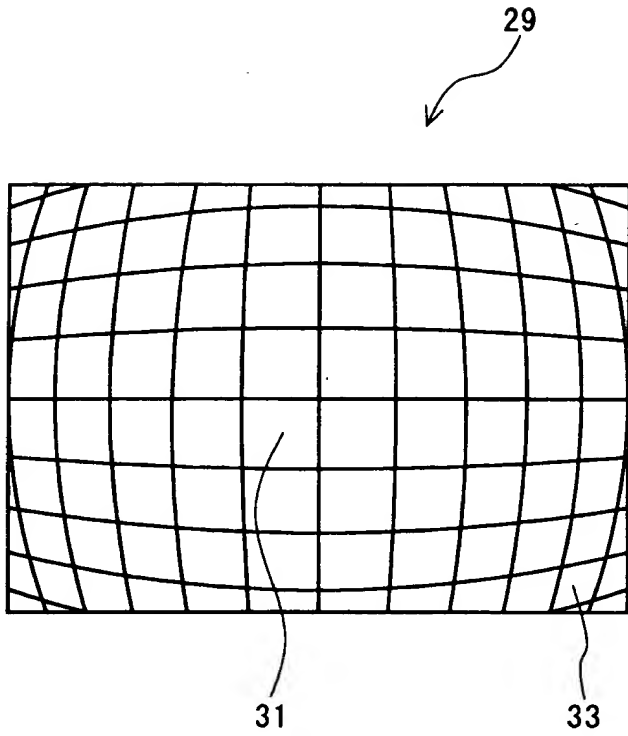
(a)



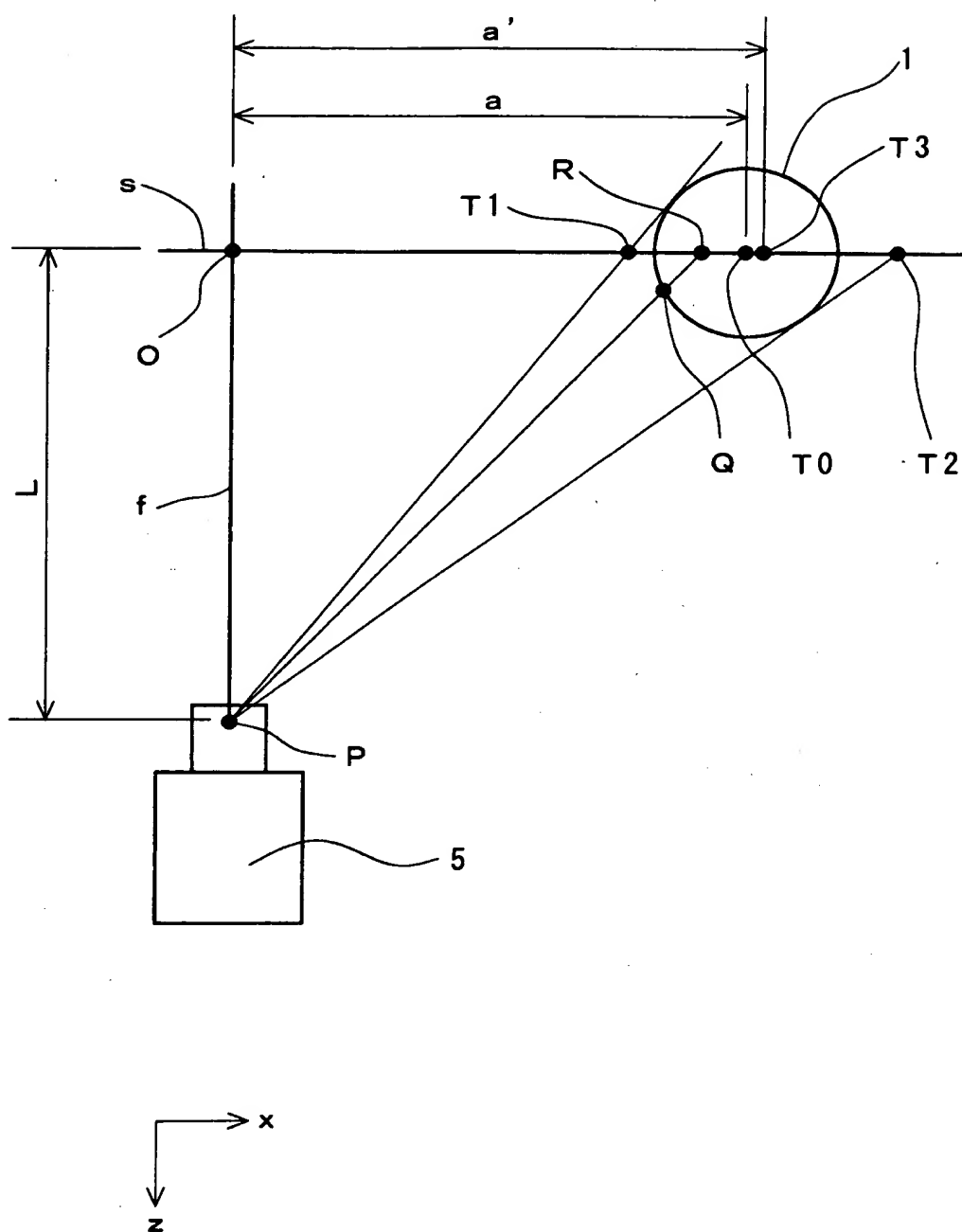
(b)



【 図 4 】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精度よくボールの運動を計測することができる装置の提供。

【解決手段】 ボール運動計測装置は、ゴルフボール 1 を載置するためのテーブル 3 と、第一カメラ 5 と、第二カメラ 7 と、一对の第一ストロボ 9 と、一对の第二ストロボ 11 と、一对の光学センサ 13 と、演算部である CPU 15 と、表示部であるモニタ 17 とを備えている。第一カメラ 5 及び第二カメラ 7 は、シャッター機能を備えた CCD カメラである。ゴルフボール 1 が打撃されてから所定時間経過後に第一カメラ 5 で撮影が行われ、さらに所定時間経過後に第二カメラ 7 で撮影が行われる。得られた原画像データから拡大画像が形成され、この拡大画像のポインティングで得られた読み取り値に歪み補正又は斜視補正がなされて、補正データが得られる。この補正データに基づき、ゴルフボール 1 の飛行速度、スピン速度又は打ち出し角度が算出される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 8 3 2 3 3]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 8 月 1 7 日

[変更理由] 住所変更

住 所 兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号

氏 名 住友ゴム工業株式会社